

外海産トラフグの資源診断

内田 秀和
(筑前海研究所)

Stock Diagnosis of the Puffer *Takifugu rubripes* in the
Western Part of Japan Sea Coast, East China and Yellow Seas

Hidekazu UCHIDA
(Chikuzenkai Laboratory)

トラフグは、北海道の北部を除く日本周辺、黄海及び東シナ海に分布する。黄海、東シナ海から九州北部沿岸及び日本海沿岸で西日本の延縄漁船により漁獲されるトラフグは、大部分が山口県下関市唐戸（南風泊）市場に外海産（銘柄）として水揚げされ、内海産（瀬戸内海、遠州灘産等）とは区別されている。南風泊市場でのトラフグの漁期（9月～翌年8月）別取扱量は、1987年の漁期（'87年9月～'88年8月）から'92年までの6年間では図1に示すように1,600±200トンで推移している。このうち、筑前海での漁獲物が含まれる外海産トラフグの取扱量は、'90年漁期では過去10年間で最低の300トンに減少しその後450トンまで増加したが、漁獲物が小型化していることから資源の乱獲が心配される。外海産トラフグを1つの系群とみなし、コホート解析により求めた漁獲係数Fの現状値を用いて、土井の迅速解析手法により資源診断を行ったので報告する。

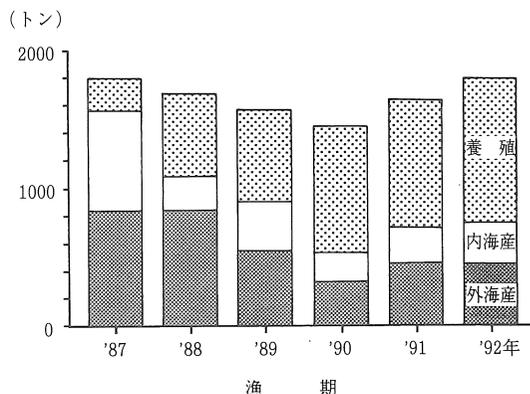


図1 南風泊市場における漁期別銘柄別取扱量

方 法

1. 年齢別漁獲尾数の推定

年齢別漁獲尾数は、図2に示す方法で推定した¹⁾。銘柄入数別箱数は毎月唐戸魚市場が整理する市場入荷集計表から得た。銘柄入数別体長組成は漁獲量減少の影響と思われるが、魚体測定の結果によれば近年小型化し、'92年では'88年と比

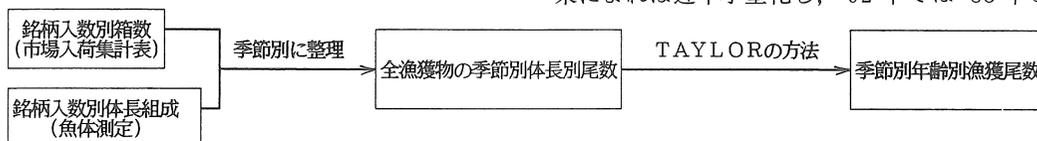


図2 年齢別漁獲尾数の推定方法

べて同一銘柄入数のモードで2～4 cm程度小さい。そこで、'86～'89年は'88年漁期の魚体測定で求めた組成（既報¹⁾）を、漁獲量が最低に減少した'90年から'92年までは'92年の組成を用いた。全漁獲物の体長別尾数（体長頻度分布）は銘柄入数別に箱数、入数及び体長組成を乗じて得た銘柄入数別の体長別尾数を全銘柄入数で合算して求め、季節別に整理した。さらに、年齢別漁獲尾数はTaylorの方法²⁾によって全漁獲物の体長別尾数から季節別に推定した。この方法は正規分布を前提とする体長頻度分布について、若齢のコホート（同時出生集団）の体長頻度分布との重複が少ない右側半分から、重複した部分の多い左側を推定する方法である。

2. コホート解析による資源解析

資源解析は、漁獲努力量のデータを必要としないコホート解析の後退法により、年級群別に季節（3カ月）単位で行った。コホート解析は次に示すBaranovの漁獲方程式と生残に関する式を芋づる式に解く計算手法であり、自然死亡係数Mと最高齢の漁獲係数 F_i （ターミナルF）を与えてやらなければならない³⁾。

$$C_i = N_i \times \frac{F_i}{F_i + M_i} \times [1 - \exp\{- (F_i + M_i)\}]$$

$$N_{i+1} = N_i \times \exp\{- (F_i + M_i)\}$$

ただし、

C_i : 漁獲尾数

F_i : 漁獲係数

M_i : 自然死亡係数

N_i, N_{i+1} : i 及び $i + 1$ 期間始めの資源尾数

コホート解析では、Mの値は結果に大きな影響を与えるので、いくつかの推定法により求めた。その1つである内田・田中の方法⁴⁾では、数種の魚種で求めたMと寿命の関係を用いて、Mが未知の魚種において寿命からMを推定する。Biomass解析⁵⁾は、いろいろな生残率Sで理論的Biomass（資源重量）を計算して、寿命付近で十分小くなる生残率SからMを求める。Paulyの方法⁶⁾で

は、成長式のパラメーターと生息域の年平均水温からMを求める。

以上の方法で求めたそれぞれのMについて、5歳の冬（12月～2月）のFである F_i にいろいろな値を代入してコホート解析を行うと、季節単位のFを合算して年単位にした各年齢のFは F_i の値と連動して変化する。特に解析に当たっての最高齢である5歳のFは、 F_i が大きいたまには3、4歳のFの値とはかけはなれて大きな値となるし、小さい時にはその逆となる。一方完全加入した3～5歳の成魚は、漁獲のされ方や移動分布生態などは大きく違わないので⁷⁾、それぞれの年齢のFは互いに近い値になると考えられる。したがって、用いる F_i は F_i 値を変化させた場合に3～5歳のFの値がそれぞれ最も近い値になる場合の F_i 値とした。以上のような方法で求めた年齢別のFから、完全加入する3歳以上のFの平均値を求めて現状のFとした。

3. 資源診断

土井の迅速解析手法では⁸⁾、総産卵数が処女資源時に比べて現在どの程度に減少しているかで、乱獲かどうかを判断する。一般に、最大持続生産（MSY）を実現する漁獲の強さは、総産卵数あるいは親魚数が処女資源時の半分あるいはその付近に減少したときなので、この目安を用いて現状の資源診断を行う。本手法は正確とはいえないが、数年間のデータを必要とする再生産関係を使わないという意味で、迅速な解析法である。Fの値に対する資源の総産卵数（EGG）を示す曲線からMSYのFを読み取り、現状のFと比較して資源診断を行う。そして、現状のFを削減してMSYのFに近づけることが管理の目標となる。ただし、この場合Fの削減は漁業管理の唯一の方法ではなく、この他に漁獲開始年齢（ X_0 ）を引き上げることで管理が可能である。したがって、漁獲等量線の中に総産卵量が処女資源の半分になる場合の曲線を書込むことによって、Fと X_0 による管理の検討を行う。

結果および考察

1. 年齢別漁獲尾数の推定

'87年から'92年の年齢別漁獲尾数は図3及び付表1に示したとおり、図1の漁獲量と対応した変動を示しており、'90年に最低に減少したがその後増加した。漁獲物の主体である2, 3歳魚の全漁獲尾数に占める割合は、漁獲量が最も少なかった'90年には50%であるが、この年を除けば約80%を占めている。'91年以降の漁獲量の回復は2歳魚の増加によるもので、その割合が全体の50%以上に増加し漁獲物の若齢化が進んでいる。

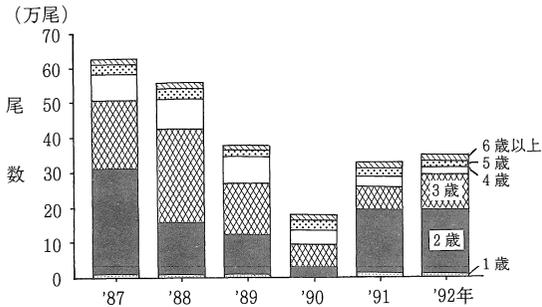


図3 外海産トラフグの年齢別漁獲尾数の推移

2. コホート解析による資源解析

各推定方法別のMの推定値は、使用した関係式及びパラメーターと併せて表1に示す。南風泊市場での魚体測定で得られた最大全長は、72 cmなので成長式から寿命を11歳あるいはそれ以上と

推定した。田内・田中の方法では $S = 0.8$ ($M = 0.227$)、また Pauly の方法では $S = 0.69$ ($M = 0.371$) と推定される。Biomass 解析では、処女資源における資源重量の年齢に伴う変化を、次式により S を 0.1 の間隔で変化させて検討した。

$$N_t = N_1 S^{t-1}$$

$$P_t = W_t N_t$$

ただし、 t : 年齢

N_t : t 歳の資源尾数

N_1 : 1 歳の資源尾数

S : 生残率

P_t : 資源重量 (バイオマス)

W_t : t 歳の体重

P_t の変化は N_1 を 1 として相対値で図4に示した。P は寿命の年齢付近では相対的に十分小さくなるはずであり、 S が 0.6 または 0.7 の場合 11 歳付近で 1 以下に小さくなる。そこで、処女資源の S (S_0) としては 0.6 と 0.7 を採用し、その結

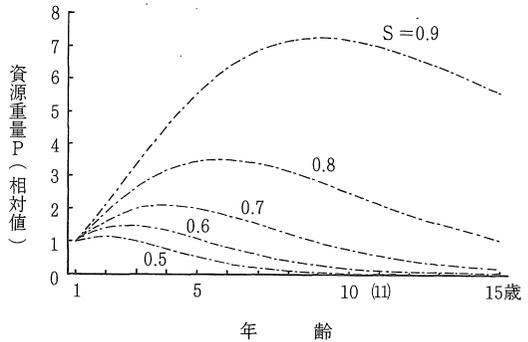


図4 外海産トラフグの資源重量の変化

表1 自然死亡係数Mの推定

推定方法	生残率 S	自然死亡係数 M	使用した関係式とパラメーター
田内・田中の方法	0.8	0.227	$M = 2.5 / X_a$ M: 自然死亡係数 (1/年) X_a : 寿命 (11歳)
Biomass解析	0.7 0.6	0.357 0.511	成長式 $TL = 79.7 \times (1 - \exp(-0.1739(t+1.278)))^{1.1}$ 全長・体重関係 $BW = 0.01937 \times TL^{3.024}$ 村田 (1991) TL: 全長 (cm) t: 年齢 BW: 体重 (g) X_a : 寿命 (11歳)
Paulyの方法	0.69	0.371	$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.6543 \log K + 0.4634 \log T$ 成長式から $L_{\infty} = 79.7$ (cm) $K = 0.1739$ (1/年) 生息域 (筑前海) の年平均水温 $T = 20$ (°C)

果Mを0.511, 0.357と推定した。

以上より処女資源の生残率 S_0 は0.6～0.8, M値としては S_0 の対数を計算して0.227～0.511と推定した。そこでコホート解析は S_0 で0.6, 0.7及び0.8, Mでは0.227, 0.357及び0.511として計算することにした。

ターミナルF (F_t)はMが0.227の場合を例として表2に示すように、季節単位で0.1から0.5まで0.1の間隔で変化させた。そして、 F_t はその影響を強く受ける5歳のFと3, 4歳のFの平均値とを比較し、両者が最も近い値となる0.2(年単位で0.8)を採用した。同様にして求めた各Mごとの F_t , F及び漁獲率Eを表3にまとめた。Eは資源尾数に対する漁獲尾数の割合である。なお、季節別のFは付表2に示した。マダイのように高度に利用された資源の場合にはEの値は経験的に0.3～0.4以上であり⁸⁾, $F_t > M$ と考えられる⁹⁾。外海産トラフグの場合も漁獲量が減少し、漁獲物の若齢化が認められ、利用度の高い資源と思われるので、Eが0.224で $F_t < M$ となるM=0.511は現状値としては不適当と考えた。従って、資源診断ではMが0.227及び0.357の場合を検討した。

年級別資源尾数は図5及び付表3に示すとおり、88年級群で最低でその後増加している。延縄の漁獲が始る1歳9月の資源尾数を加入量とすると、平均加入量はM=0.227のときに44万尾, M=0.357のときに61万尾程度である。

3. 資源診断

土井の迅速解析手法⁵⁾では、加入量が一定で漁獲形態が変わらない定常状態を想定する。そして、S及び加入量R(1歳4月の資源尾数)の現状値を用いて、現状の資源尾数N, 親魚尾数A, 総産卵数EGG及び漁獲重量Yを年齢別に求め、それ

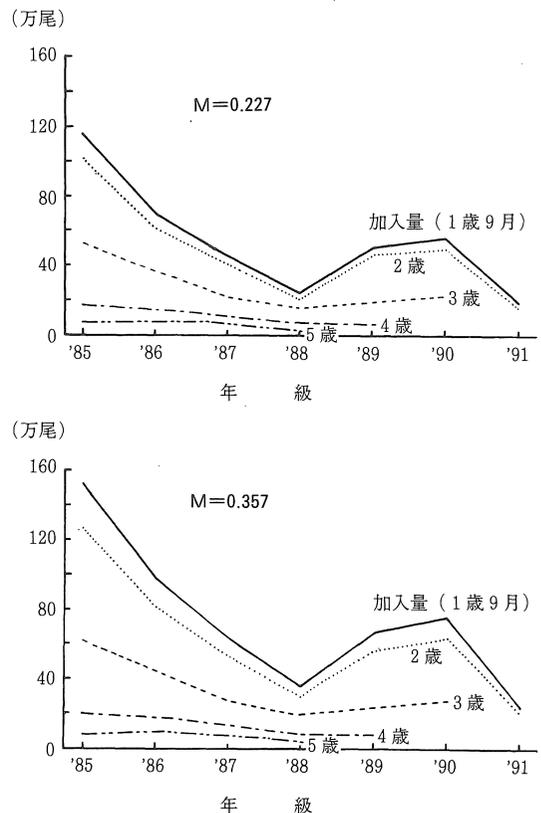


図5 外海産トラフグの年級別資源尾数の推移

表2 最高齢の漁獲係数 F_t (ターミナルF)の推定(M=0.227)

自然死亡係数M		ターミナルF		年齢別漁獲係数F					3,4歳の
年単位	季節単位	年単位	季節単位	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	Fの平均値
0.227	0.057	0.4	0.1	0.014	0.357	0.581	0.401	0.334	0.491
〃	〃	0.8	0.2	0.016	0.412	0.724	0.583	0.600	0.654
〃	〃	1.2	0.3	0.017	0.437	0.797	0.693	0.825	0.745
〃	〃	1.6	0.4	0.017	0.449	0.838	0.768	1.025	0.803
〃	〃	2.0	0.5	0.018	0.456	0.866	0.822	1.207	0.844

※ 下線の数字を採用した。

外海産トラフグの資源診断

ぞれ全年齢（この場合10歳まで）の合計を計算する¹⁰⁾。ここで1歳4月の資源尾数は1歳9月の値を e^{-M} (M は5ヶ月間の値)で割って求めた。11歳以上を加算しても N , A , EGG 及び Y の合計はほとんど変わらないので10歳までを合計した。処女資源の場合にも F を0として同様の計算

を行い、各値の合計について 現状の資源/処女資源を求めて表4, 5に示した。なお、成熟年齢は3歳とし¹¹⁾, 1尾当たりの抱卵数 N は $N = 0.012 w^{1.61}$ ただし、 w :体重 (g) として計算した¹²⁾。

表3 最高齢魚の漁獲係数 F_T (ターミナル F) の推定 (単位: 年)

自然死亡係数 M	ターミナル F	3~5歳平均 F 値	加入量 R		漁獲率 E	備考
			1歳4月	1歳9月		
0.227	0.8	0.636	496千尾	443千尾	0.426	
0.357	0.8	0.573	724	606	0.373	
0.511	0.4	0.331	1,466	1,136	0.224	不相当

表4 外海産トラフグの資源診断 ($M=0.227$)

年齢 t	体重 (g) W	産卵数 (万粒) H	成熟率 r	利用度 Q	現状の資源 ($S = 0.422$)				処女資源 ($S_0 = 0.8$)		
					資源量 (千尾) N	漁獲量 (トン) Y	親魚数 (千尾) A	産卵数 (億粒) EGG	資源量 (千尾) N	親魚数 (千尾) A	産卵数 (億粒) EGG
					1	371	0	0	0.017	496	1.3
2	876	0	0	0.634	393	92.8			396		
3	1,550	61	1	1	220	144.9	220	1,332	316	316	1,914
4	2,331	98	1	1	93	92.0	93	903	252	252	2,450
5	3,163	139	1	1	39	52.7	39	543	201	201	2,783
6	3,999	182	1	1	16	28.1	16	301	160	160	2,912
7	4,807	226	1	1	7	14.3	7	157	128	128	2,873
8	5,564	268	1	1	3	7.0	3	79	102	102	2,714
9	6,259	307	1	1	1	3.3	1	38	81	81	2,480
10	6,887	343	1	1	1	1.5	1	18	64	64	2,208
合計					1,269	437.9	380	3,371	2,196	1,304	20,334
現状の資源/処女資源					0.578	-	0.291	0.166			

さらに、加入量を一定(現状値)として漁獲係数 F を0.1~1.0間で0.1の間隔で変化させて EGG , A , Y 及び生産性 Y/F の値を求めた。そのうち EGG 及び A は、 F が0、即ち処女資源のときに最大値なので、処女資源時の値を基準(1とする)として相対値で表わした。この他に Y は F の値が0~1.0で変化したときにドーム型か飽和型の曲線となって変わるのでその最大値を基準に、 Y/F は F が0.1のときの値を基準としてその相対値を図6, 7に示した。以上の F , A , Y 及び Y/F について、 MSY の目安である EGG が処女

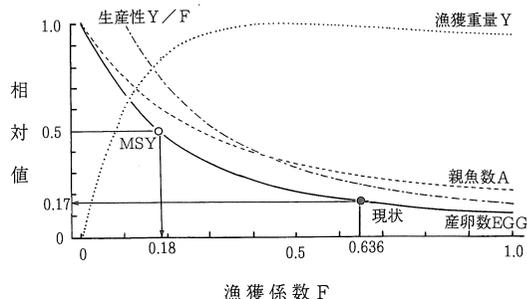


図6 外海産トラフグの資源診断 ($M=0.227$)

表5 外海産トラフグの資源診断 (M=0.357)

年齢 t	体重 (g) W	産卵数 (万粒) H	成熟率 r	利用度 Q	現状の資源 (S = 0.395)				処女資源 (S ₀ = 0.7)		
					資源量 (千尾) N	漁獲量 (トン) Y	親魚数 (千尾) A	産卵数 (億粒) EGG	資源量 (千尾) N	親魚数 (千尾) A	産卵数 (億粒) EGG
					1	371	0	0	0.014	724	1.4
2	876	0	0	0.589	504	96.9			507		
3	1,550	61	1	1	262	151.5	262	1,591	355	355	2,153
4	2,331	98	1	1	104	90.0	104	1,009	248	248	2,421
5	3,163	139	1	1	41	48.2	41	568	174	174	2,415
6	3,999	182	1	1	16	24.1	16	295	122	122	2,220
7	4,807	226	1	1	6	11.4	6	144	85	85	1,924
8	5,564	268	1	1	3	5.2	3	67	60	60	1,596
9	6,259	307	1	1	1	2.3	1	31	42	42	1,281
10	6,887	343	1	1	0.4	1.0	0.4	13	29	29	1,002
合 計					1,661.4	432.0	433.4	3,781	2,346	1,115	15,012
現状の資源 / 処女資源					0.708	-	0.389	0.248			

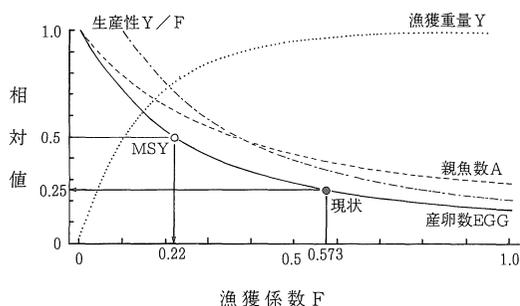


図7 外海産トラフグの資源診断 (M=0.357)

資源の半分に減少した時の値と現状の値を比べると、2つのMの値の場合で表6に示す結果となる。Mが0.227の場合には、EGGはMSYの0.5に對

して現状値が0.17まで減少しており、明らかに乱獲である。FはMSYの0.18に対して現状では0.636であり、現状値から72%を削減する必要がある。同じくMが0.357の場合にも、EGGはMSYの0.5に對し現状では0.25であり、乱獲状態にあるといえる。FはMSYの0.22に對し現状では0.573であり、現状値から62%を削減する必要がある。

以上の様に資源利用の現状は想定される2つのMの値で乱獲状態にあり、現状のFを60~70%削減する必要があることが明らかになった。削減を実施した場合、Yは約80%に減少するが、Y/Fは2~3倍に増加して持続的な生産が得られることになる。Fは漁具能率qと漁獲努力量Xの

表6 外海産トラフグの資源診断

自然死亡係数 M	項 目	M S Y (目 安)	現 状 値	現 状 の 評 価	対 策 と 効 果
0.227	産卵数 (EGG)	処女資源の半分	処女資源の0.17	乱獲	-
	親魚数 (A)	// 0.61	// 0.29	//	-
	漁獲係数 (F)	0.18	0.636	MSYの3.5倍	72%を削減
	漁獲量 (Y)	0.81	0.96	// 1.2	84%に減少
	生産性 (Y/F)	0.77	0.25	// 0.32	3.1倍に増加
0.357	産卵数 (EGG)	処女資源の半分	処女資源の0.25	乱獲	-
	親魚数 (A)	// 0.62	// 0.39	//	-
	漁獲係数 (F)	0.22	0.573	MSYの2.6倍	62%を削減
	漁獲量 (Y)	0.75	0.96	// 1.3	78%に減少
	生産性 (Y/F)	0.70	0.35	// 0.5	2.0倍に増加

積である。Fの削減は実際的にはXの削減であり、現状のXを60～70%減らすことは非常に厳しい管理内容である。そこで、漁獲開始年齢を引き上げることも同時に検討するために、等漁獲量曲線を検討した¹³⁾。等漁獲量曲線はある年級群について加入後寿命までの一生の総漁獲量がFとX_cによってどう変化するか、即ち加入資源の有効利用を考えるためのものであり、次の式で計算できる¹⁴⁾。

$$Y = \int_{X_c}^{X_d} dY = \int_{X_c}^{X_d} N_x w_x F dx$$

$$= \int_{X_c}^{X_d} R e^{-M(X_c - X_x)} \times e^{-Z(X - X_x)} \times W_\infty (1 - e^{-K(X - X_x)})^3 F dx$$

ただし

X_r: 加入年齢

X_c: 漁獲開始年齢

X_d: 寿命

W_x: X歳の体重 $W_x = W_\infty (1 - e^{-K(X - X_x)})^3$

加入量Rを1歳4月の資源尾数としてX_rは1歳、X_dは11歳である。またW_∞の他、成長式のパラメーター(K, X₀)は表1に既に示した。この式でFを0～1.5、X_cを1～11で変化させてYを計算すると等漁獲量曲線が求まる。X_cは現状値として必要である。2歳の利用度Q₂はMが0.227の時に0.634なので、X_cは2.4(2 + (1 - 0.634) = 2.366)歳となる。同様にM 0.357のQ₂は0.589なのでX_cは同じく2.4歳である。等漁獲量曲線では再生産関係に基づく持続生産については考慮されていない。そこで、等漁獲量曲線と併せてMSYの目安であるEGGが処女資源の半分に減少するときのFとX_cを曲線(総産卵数が50%の曲線)で図8に示した。Mが0.227の場合にはFだけでMSYを実現するにはFを72%も削減する必要があるが、MSYの実現には現状を50%の曲線上に乗せればよいということなので、Fを現状のままでX_cを2.6歳引き上げて可能である。しかし、Fの削減とX_cの引き上げの併用がより現実的であり、実際には両者を組

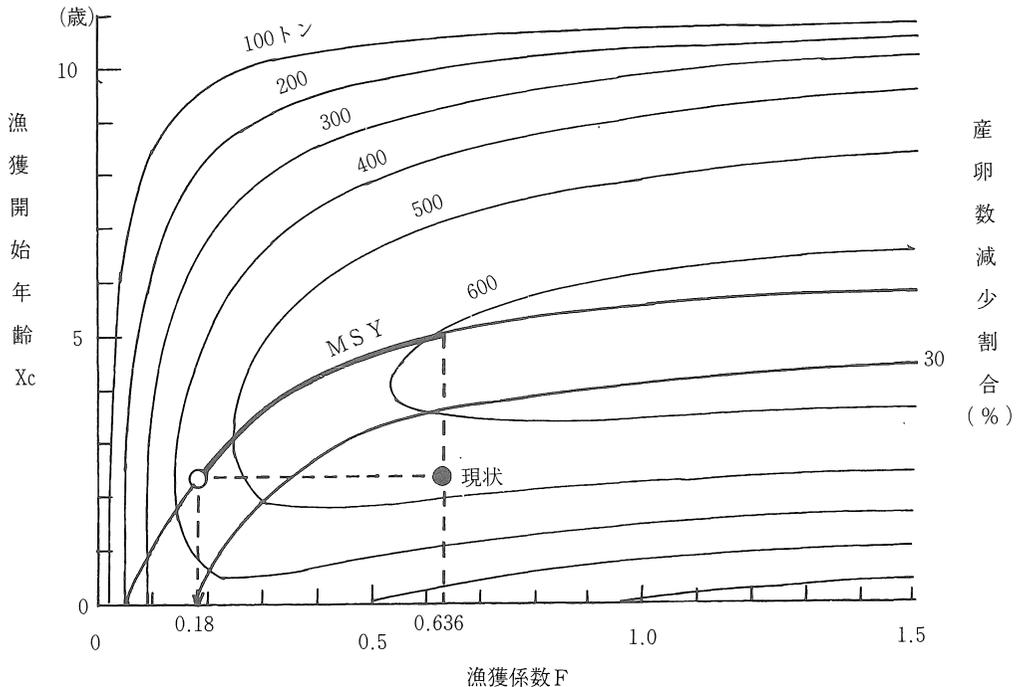


図8 外海産トラフグの等漁獲量曲線 (M=0.227)

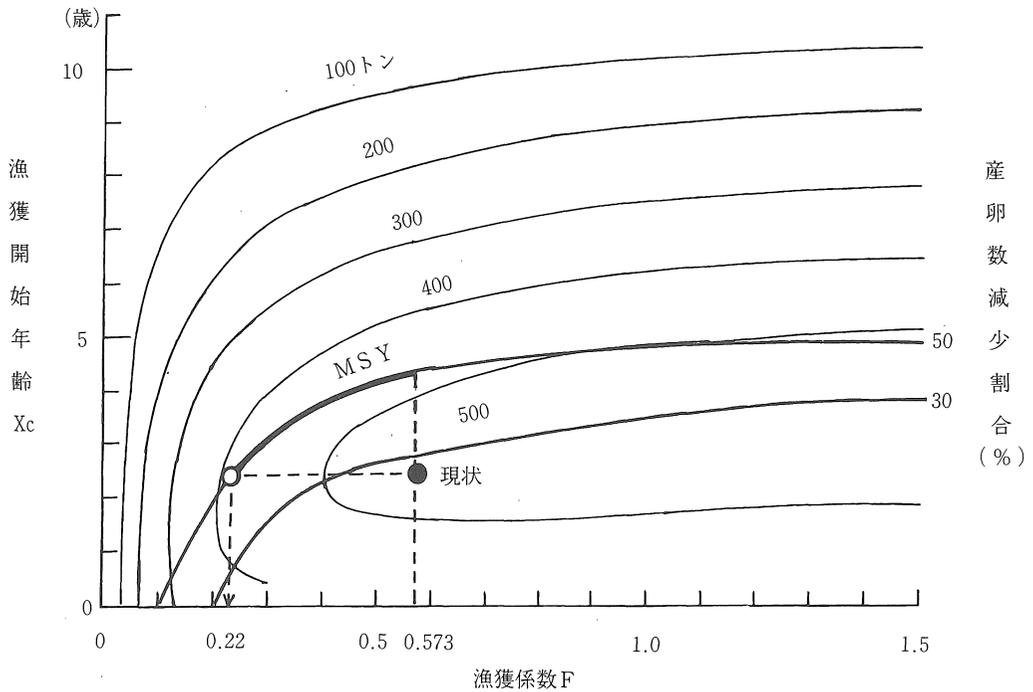


図9 外海産トラフグの等漁獲量曲線 (M=0.357)

合わせて図の50%曲線の太線部分に載せることが具体的な管理目標となるであろう。すなわち、 X_c を1~2歳引き上げれば、 F を60~35%削減する程度でMSYが実現する。 M が0.357の場合も図9に示すとおり全く同様であるが、 M 0.227のときと比べてMSYと現状値との開きが小さいため、管理内容が緩やかになる。この場合、 X_c を1~2歳引き上げれば、 F を40~0%削減する程度でMSYが実現する。従って、大ざっぱには X_c を1歳引き上げて F を半分に削減すれば、資源はMSYの水準に改善できる。

迅速手法では加入量は処女資源と現状とで同数と仮定した。現状より親魚数が多い処女資源では加入量は実際にはさらに多いと考えられ、その場合には現状での産卵数の減少割合が一層大きく、乱獲の程度はさらに悪いということになる。従って、推定した管理内容は現状の資源をMSYの水準に近づけるための最低の条件といえる。

今回使用した成長式は漁獲物の全長モードから推定した¹⁾。この成長式から推定した全長は、若

齢魚については他の報告¹⁵⁾と比べて同年齢の場合で1割程度小さい値となる。今後は、年齢形質を用いた年齢査定と成長式の推定が必要である。また、外海産トラフグを1つの系群と見なしたがこの点についても再検討がなされるべきであろう。

最後に、迅速解析手法に関する資料を頂くとともにその内容について御教示頂いた西海区水研入江室長に感謝の意を表す。

要 約

1) 外海産トラフグを1つの系群とみなし、季節別の体長頻度分布を年齢別に分解して年齢別漁獲尾数を求めた。

2) 資源解析は、努力量のデータを必要としないコホート解析により行った。自然死亡係数 M とターミナル F (F_t)は、別に推定して与えてやらなければならない。 M はいくつかの方法で推定した3つの値(0.227, 0.357, 0.511)を用いた。トラフグは完全加入する3歳以上では、分布生態や漁獲のされ方に年齢による違いが認められないので、

Fに大きな差はないと考えられる。そこで、5歳の冬のF（季節単位）であるターミナルFは、3～5歳の年齢別のF（年単位）が互いに最も近い値になるように決めた。

3）コホート解析により現状値（'86～'92年の平均値）として次の値が得られた。

M	3～5歳の平均F	R（1歳9月）
0.227	0.636	44万尾
0.357	0.573	61ヶ

4）土井の迅速解析手法によれば、資源の総産卵数EGGはMSYで処女資源の半分（0.5）なのに対し、現状では0.17（M=0.227）または0.25（M=0.357）まで減少しているため、現状の資源は乱獲状態にあるといえる。

5）等漁獲量曲線にMSY（産卵数が処女資源の50%）の曲線と現状の点を書き入れることにより、漁業管理について検討した。M=0.227の場合Fだけの管理では72%削減、X_cだけでは2.6歳の引き上げが必要となるが、両者を併用してX_cを1～2歳引き上げればFを60～35%削減する程度でMSYが実現できる。M=0.357の場合も同様にX_cを1～2歳引き上げれば、Fの40～0%削減で十分である。従って、大ざっぱな管理目標としては、X_cを1歳引き上げてFを半分に削減すれば良いと推定された。

6）迅速手法では加入量は処女資源と現状とで同数と仮定したが、処女資源では実際には更に多いと考えられ、その場合には現状での産卵数の減少割合がより大きく、乱獲の程度は一層悪いということになる。従って、今回推定した管理内容は現状の資源をMSY水準に近づけるための最低の条件といえる。

文 献

- 1) 内田秀和：トラフグの資源生態に関する研究－Ⅲ。福岡県福岡水試験研報，第17号，11－18（1991）。
- 2) 東海区水研 数理統計部編：資源解析プログラム集。189－207（1988）。
- 3) 東海区水研 数理統計部編：資源解析プログラム集。151－158（1988）。
- 4) 田中昌一：水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理。東海水研報，28，1－200（1960）。
- 5) 土井長之：メキシコ産あわびの資源診断。日本水産資源保護協会月報，NO. 154，5－13（1977）。
- 6) 日本水産資源保護協会：Paulyによる自然死亡係数の推定。1－21（1985）。
- 7) 内田秀和・日高健：トラフグの資源生態に関する研究－Ⅱ。福岡県福岡水試験研報，第16号，7－14（1990）。
- 8) 入江隆彦：九州西岸海域マダいの資源量の概算。漁業資源研究会西日本底魚部会会報，NO.17，103－111（1989）。
- 9) 田中昌一：水産資源学総論。恒星社厚生閣，東京，1985，pp. 251。
- 10) 阪本俊雄，土井長之，岩井昌三，石岡清英：瀬戸内海東部海域におけるマダいの生物情報と資源診断。東海水研報，NO. 105，59－113（1981）。
- 11) 藤田矢郎：日本産フグ類の生活史と養殖に関する研究。長崎県水試験論文集，NO. 2。
- 12) D. KUSAKABE, Y. MURAKAMI and T.ONBE：Fecundity and spawning of a puffer, *Fugu rubripes* (T.et S.) in the central waters of the inland Sea of Japan. *J. Jac. Fish. Husb. Hiroshima Univ.* 4, 47－79（1962）。
- 13) 東海区水研 数理統計部編：資源解析プログラム集。90－115（1988）。
- 14) 田中昌一：水産資源学総論。恒星社厚生閣，東京，1985，pp. 58－74。
- 15) 岩政陽夫：黄海東シナ海産トラフグの成長と成熟に関する一考察。山口県外海水試研報，第23巻，30－35。

付表1 外海産トラフグ年齢別漁獲尾数

(年級別)		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1 歳	9-1 1月						3,910	2,423	2,655	1,051	4,860	2,907
	1 2-2 月					1,672	3,385	1,914	2,289	1,092	3,034	3,542
2 歳	3-5 月					1,939	8,378	6,698	2,875	3,125	4,098	7,719
	6-8 月					13,181	13,466	2,529	2,153	32,163	2,438	3,313
	9-1 1月					166,040	67,051	49,384	8,849	87,754	111,397	
	1 2-2 月				37,021	122,316	60,772	56,096	10,226	56,650	65,176	
3 歳	3-5 月				53,768	52,795	31,198	15,731	4,135	27,016	16,229	
	6-8 月				16,644	13,251	6,848	4,293	3,555	3,787	5,873	
	9-1 1月				22,410	54,678	36,513	12,536	13,227	16,190		
	1 2-2 月			152,606	104,181	148,630	73,286	32,547	42,556	52,755		
4 歳	3-5 月			53,878	51,917	58,685	29,666	14,882	13,647	25,808		
	6-8 月			1,065	739	958	1,590	2,821	733	530		
	9-1 1月			13,558	22,084	11,232	3,846	4,070	4,010			
	1 2-2 月		8,433	7,327	9,266	6,891	7,423	9,216	2,630			
5 歳	3-5 月		18,884	20,068	11,616	16,036	6,011	5,053	4,557			
	6-8 月		456	637	397	1,028	1,580	420	398			
	9-1 1月		5,809	3,838	2,285	3,667	3,815	4,753				
	1 2-2 月	8,089	3,385	7,459	3,626	7,267	10,571	7,599				

(年別)		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1 歳	9-1 1月		3,910	2,423	2,655	1,051	4,860	2,907	
	1 2-2 月	1,672	3,385	1,914	2,289	1,092	3,034	3,542	
計		7,295	4,337	4,944	2,143	7,894	6,449		
2 歳	3-5 月		1,939	8,378	6,698	2,875	3,125	4,098	7,719
	6-8 月		13,181	13,466	2,529	2,153	32,163	2,438	3,313
	9-1 1月		166,040	67,051	49,384	8,849	87,754	111,397	
	1 2-2 月	37,021	122,316	60,772	56,096	10,226	56,650	65,176	
計		303,476	149,667	114,707	24,103	179,692	183,109		
3 歳	3-5 月		53,768	52,795	31,198	15,731	4,135	27,016	16,229
	6-8 月		16,644	13,251	6,848	4,293	3,555	3,787	5,873
	9-1 1月		22,410	54,678	36,513	12,536	13,227	16,190	
	1 2-2 月	152,606	104,181	148,630	73,286	32,547	42,556	52,755	
計		197,003	269,354	147,845	65,107	63,473	99,748		
4 歳	3-5 月		53,878	51,917	58,685	29,666	14,882	13,647	25,808
	6-8 月		1,065	739	958	1,590	2,821	733	530
	9-1 1月		13,558	22,084	11,232	3,846	4,070	4,010	
	1 2-2 月	8,433	7,327	9,266	6,891	7,423	9,216	2,630	
計		75,828	84,006	77,766	42,525	30,989	21,020		
5 歳	3-5 月		18,884	20,068	11,616	16,036	6,011	5,053	4,557
	6-8 月		456	637	397	1,028	1,580	420	398
	9-1 1月		5,809	3,838	2,285	3,667	3,815	4,753	
	1 2-2 月	8,089	3,385	7,459	3,626	7,267	10,571	7,599	
計		28,534	32,002	17,924	27,998	21,977	17,825		
6 歳		16,408	14,835	12,935	12,626	16,972	17,321		

付表2 外海産トラフグ漁獲係数F

(M=0.227 Ft=0.8)

(年級別)		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1 歳	9-1 1月						0.006	0.005	0.011	0.002	0.009	0.016
	1 2-2 月					0.002	0.005	0.005	0.010	0.002	0.006	0.021
2 歳	3-5 月					0.002	0.014	0.017	0.014	0.007	0.009	0.051
	6-8 月					0.014	0.024	0.007	0.011	0.081	0.005	0.024
	9-1 1月					0.212	0.137	0.155	0.048	0.277	0.302	
	1 2-2 月				0.086	0.203	0.152	0.225	0.063	0.247	0.247	
3 歳	3-5 月				0.148	0.109	0.093	0.078	0.028	0.152	0.077	
	6-8 月				0.054	0.031	0.023	0.024	0.026	0.025	0.031	
	9-1 1月				0.082	0.148	0.141	0.077	0.110	0.120		
	1 2-2 月			0.612	0.543	0.611	0.387	0.248	0.505	0.579		
4 歳	3-5 月			0.379	0.480	0.435	0.226	0.147	0.253	0.521		
	6-8 月			0.010	0.009	0.009	0.015	0.032	0.016	0.015		
	9-1 1月			0.140	0.349	0.125	0.038	0.051	0.101			
	1 2-2 月		0.154	0.090	0.206	0.090	0.083	0.135	0.077			
5 歳	3-5 月		0.499	0.319	0.361	0.265	0.077	0.088	0.158			
	6-8 月		0.017	0.013	0.016	0.021	0.023	0.008	0.016			
	9-1 1月		0.258	0.084	0.103	0.083	0.060	0.102				
	1 2-2 月	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200				

(M=0.357 Ft=0.8)

(年級別)		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1 歳	9-1 1月						0.004	0.004	0.008	0.002	0.007	0.013
	1 2-2 月					0.001	0.004	0.003	0.007	0.002	0.005	0.017
2 歳	3-5 月					0.002	0.011	0.013	0.010	0.006	0.007	0.041
	6-8 月					0.012	0.019	0.005	0.008	0.069	0.004	0.020
	9-1 1月					0.180	0.111	0.124	0.038	0.239	0.251	
	1 2-2 月				0.073	0.173	0.124	0.179	0.051	0.211	0.202	
3 歳	3-5 月				0.128	0.093	0.077	0.062	0.023	0.131	0.063	
	6-8 月				0.047	0.027	0.019	0.019	0.022	0.022	0.026	
	9-1 1月				0.074	0.133	0.121	0.064	0.096	0.108		
	1 2-2 月			0.544	0.494	0.545	0.330	0.208	0.437	0.520		
4 歳	3-5 月			0.328	0.427	0.376	0.190	0.123	0.214	0.453		
	6-8 月			0.008	0.008	0.008	0.012	0.028	0.014	0.013		
	9-1 1月			0.125	0.318	0.111	0.033	0.045	0.089			
	1 2-2 月		0.142	0.082	0.188	0.082	0.074	0.121	0.069			
5 歳	3-5 月		0.465	0.294	0.334	0.245	0.070	0.080	0.145			
	6-8 月		0.016	0.012	0.015	0.020	0.021	0.008	0.015			
	9-1 1月		0.250	0.082	0.099	0.080	0.058	0.099				
	1 2-2 月	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200				

外海産トラフグの資源診断

(M=0.511 Ft=0.4)

年齢\年級	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1歳 9-1月 12-2月					0.001	0.002	0.002	0.004	0.001	0.004	0.007
2歳 3-5月 6-8月 9-11月 12-2月				0.052	0.063	0.066	0.067	0.004	0.001	0.003	0.013
3歳 3-5月 6-8月 9-11月 12-2月			0.352	0.358	0.355	0.174	0.108	0.261	0.345	0.089	0.040
4歳 3-5月 6-8月 9-11月 12-2月		0.090	0.045	0.109	0.044	0.037	0.061	0.037	0.077	0.007	
5歳 3-5月 6-8月 9-11月 12-2月	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100		

付表3 外海産トラフグ資源尾数N

(M=0.227 Ft=0.8)

年齢\年級	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1歳 9月 12月					1,078,230	700,643	455,502	247,796	509,537	559,163	186,250
2歳 3月 6月 9月 12月				463,140	1,017,680	621,745	404,402	218,786	453,636	495,245	160,074
3歳 3月 6月 9月 12月			342,144	254,977	401,554	526,979	359,741	215,785	154,038	196,598	226,195
4歳 3月 6月 9月 12月			175,316	139,869	175,316	139,869	175,316	139,869	175,316	139,869	175,316
5歳 3月 6月 9月 12月	45,865	19,193	42,293	20,559	41,204	59,938	43,086				

(M=0.357 Ft=0.8)

年齢\年級	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1歳 9月 12月					1,384,570	892,493	583,082	325,518	604,762	688,573	221,421
2歳 3月 6月 9月 12月				548,804	1,265,880	814,899	532,529	296,720	552,750	628,508	199,180
3歳 3月 6月 9月 12月			378,491	278,517	466,718	618,961	440,583	272,974	188,448	229,642	278,324
4歳 3月 6月 9月 12月			200,929	155,571	132,429	92,843	122,605	135,050	108,626	54,698	42,884
5歳 3月 6月 9月 12月	46,570	19,488	42,943	20,876	41,838	60,860	43,749				

(M=0.511 Ft=0.4)

年齢\年級	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1歳 9月 12月					2,238,750	1,750,490	1,190,620	631,707	923,033	1,127,700	364,145
2歳 3月 6月 9月 12月				775,278	1,968,300	1,538,620	1,046,690	554,759	811,632	990,822	318,766
3歳 3月 6月 9月 12月			545,308	367,370	647,461	923,004	802,557	531,147	313,923	337,014	439,079
4歳 3月 6月 9月 12月			337,283	225,950	337,283	225,950	337,283	225,950	337,283	225,950	337,283
5歳 3月 6月 9月 12月	90,462	37,855	83,416	40,551	81,269	118,219	84,982				